

Yeşilyurt (Alaşehir) sahasındaki uranyum belirtilerinin kökeni ve bunların depolanma sonrası alterasyonlarla tahribi

Genesis of uranium occurrences in the Yeşilyurt area (Alaşehir) and their destruction by postdepositional alterations

HÜSEYİN YILMAZ, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Bornova, İzmir.

ÖZ: Yeşilyurt sahasındaki uranyum belirtileri Men deres masifinin düşük ve orta dereceli metamorfik kayalarca altlanan fluvial tortul kayaları içinde bulunur. Bu belirtiler bol kil ve silt aramaddesi içeren Neojen konglomera ve kumtaşları içinde yer alırlar. Uzamış merccekler şeklindeki oksitli ve oksitsiz uranyum yığışmaları çökel kayaların aramadde dolgusu olarak belirir. Her iki tipteki uranyum belirtileri bol karbonlu malzeme içeren ince taneli silt ve kil aramaddesi içinde tekdüze olarak dağılmıştır. Oksitsiz uranyum yığışmaları ile pirit ve siderit bollaşması arasında bir ilişki gözlenmez.

Oksitli zonlardaki yüksek tenörlü uranyum cevheri (% 0.05 U_3O_8) çok az veya hiç kalsit içermeyen kil ve hematit aramaddeli kumtaşı ve konglomera düzeylerinde bulunur. Ancak düşük tenörlü (< % 0.01 U_3O_8) uranyum cevheri kalsitçe zengin kumtaşı ve konglomera düzeylerinde yer alır. Otojenik pirit ve siderit diyajenez sırasında oluşmuştur. Çözeltideki uranyum ilk olarak kil ve karbonlu malzeme tarafından soğurulmuş ve daha sonra H_2S tarafından indirgenmiştir.

indirgenmiş kumtaşı ve konglomera içinde yığışmış büyük miktardaki uranyum, graben kıyısı büyüme fayı boyunca yükselen karbonatça zengin yeraltı sularında çözünmüş ve daha sonra fluvial tortullar içinde yeniden dağılmıştır. Yalnız birkaç uranyum belirtisi özellikle kalsit ve hematit tarafından yansıtılan yoğun alterasyondan kurtulabilmiştir. Bütün uranyum belirtileri epijenetik kökenli olup hazne kayaç içindeki hareketli yeraltı suları tarafından oluş turulmuştur. Metamorfik kayalar, özellikle masif gnayslar, tortullar içindeki uranyum yığışmalarının kaynağı oluştururlar.

ABSTRACT : Uranium occurrences in the Yeşilyurt area of Western Turkey occur in fluvial sedimentary rocks which are underlain by low-to medium-grade metamorphic rocks of the Menderes massif. These occurrences are found in Neogene conglomerate and sandstone beds that contain a matrix of abundant clay and silt. Uranium is present as a matrix impregnation in tabular lenses within the sandstone and conglomerate beds. Both oxidized and unoxidized occurrences occur. Both types are disseminated uniformly throughout the fine grained clay and silt matrix rich in carbonaceous matter. Unoxidized uranium occurrences show no direct correlation with pyrite and siderite abundance.

Ore grade uranium (0.05 % U_3O_8) concentrations in the oxidized occurrences are confined to sandstone and conglomerate beds with clay and hematite matrix containing little or no calcite whereas very low grade (< 0.01 % U_3O_8) uranium concentrations occur in calcite-rich matrix of sandstone and conglomerate beds. Authigenic pyrite and siderite formed during diagenesis. Uranium in solution was first adsorbed by clays and carbonaceous matrix and further reduced by mobile H_2S .

A large amount of uranium, concentrated to ore grades in the reduced sandstones and conglomerates, was dissolved by carbonate-rich solutions ascending along the graben margin growth fault and redistributed throughout the fluvial sediments. A few occurrences of uranium survived the severe alteration represented mainly by calcite and hematite. All the occurrences are epigenetic in origin formed by groundwater solution that moved through the host rock. The massive gneisses are believed to have been the only source of uranium.

GİRİŞ

Türkiye'deki uranyum yatakları çoğunlukla Neojen yaşlı karasal konglomera ve kumtaşları içinde oluşmuşlardır. Günümüzdeki uranyum aramaları fluvial ve sığ göl (playa) ortamlarında yapılmaktadır. Çalışma alanında uranyum cevherinin kökeniyle ilgili

herhangi bir araştırma yapılmamıştır. Bu çalışmada Yeşilyurt bölgesindeki uranyum belirtilerinin jeolojik özellikleri incelenmiş ve bunları önce oluşturan ve daha sonra da tahrip eden işlevler sırasıyla verilmiştir. Uranyum yığışmaları ekonomik değildir. Ancak uranyum yataklarının oluşumunda ve yok olma-

smda büyüme faylarının önemi ortaya konmuştur. İncelenen örnekler çalışma alanındaki bütün kayaçlardan alınmıştır. Cevher örnekleri yüzeylenmiş kayaçlardan ve sondaj kırıntılarında alınmıştır. Örnekler petrografi ve x-ışın difraksiyon ile floresans yöntemleriyle çalışılmıştır. Bütün uranyum yığışmalarının bulunduğu yaklaşık 120 km² lik bir alanın 1:10.000 ölçekli haritası yapılmıştır.

YEŞİLYURT BÖLGESİNİN JEOLJİSİ

Yeşilyurt ve diğer uranyum yataklarının çoğu Batı Anadolu'da bulunur (Şekil 1). Bunlar yeşilşist ve amfibolit fasiyesindeki temel kayaların üstüne uyumsuz olarak oturan Neojen yaşlı fluvial ve gölsel tortullar içinde belirirler. Çalışma alanında bulunan Paleozoyik yaşlı (Brinkmann, 1976) metamorfik kayalar alt birim ve üst birim olarak ikiye ayrılmıştır. Alt birim gözlü gnaysa dereceli geçiş gösteren biyotit ve muskovit-kuars şistlerden oluşur (Şekil 2). Biyotit şist, kuvars, albit, biyotit, muskovit, almandin, aktinolit/tremolit, klorit ve turmalin minerallerinden oluşur. Gözlü gnays büyükçe K-feldspat porfiroblastları içerir. Üst birim ise masif gnaysa yanıl geçiş gösteren granat-mika şist ve mermer ardalanmasından oluşur. Mermerler dolomitiktir (Şekil 2). Granat-mika şist kloritoid kuvars, almandin, muskovit, kalsit, dolomit ve az oranda manyetit ve spekülaitten oluşur. Masif gnays K-feldspat, albit ve az oranda kuvars, klorit, manyetit ve spekülaitten oluşur. Metamorfik istif daha sonra granitik gnaysa dönüşmüş granit tarafından kesilmiştir. Petrografik çalışmalar, metamorfik kayaların yaygın bir feldspatlaşma geçirdiğini gösterir.

Neojen tortul kayaları alt fluvial birim ve üst fluvial birim olarak ikiye ayrılmıştır (Şekil 2 ve 3).

Alt fluvial birim havza kıyısında egemen olarak az pekleşmiş blok ve çakıltaşlardan oluşan alüvyon yelpazesi ve havza içine doğru da az pekleşmiş ince çakıltaşı ve silttaşından oluşur. Blokların büyüklüğü yersel olarak 150 cm ye ulaşır. Ortalama 10-15 cm ve seyrek olarak da 100 cm den fazladır. Blok ve çakıltaşı bileşenleri gnays, şist, metakuvarsit, granitik gnays ve az olarak da mermerdir. Çakıllar az yuvarlak veya oldukça köşelidir. Aramadede çoğunlukla soluk yeşil, sarımsı kahverengi, mikalı, orta ve kaba kumdan oluşur. Bunların yanında kalsit aramadesi bol bulunur. Alt fluvial birim havza içine doğru kumtaşı, konglomera, silttaşı ve az oranda çamurtaşı ve bentonitik tüfitten oluşur. Kötu boylanma gösteren, dokusal olgunlaşmamış kumtaşları başlıca sarımsı, grimsi, soluk yeşil, kahverengi ve yersel olarak da kırmızı renkli, ince ile kaim arası düzgün katmanlı ve az pekleşmiştir. Kumtaşlarının bileşenleri beyaz veya koyu renkli mika, kuvars, feldspat mineralleri ve şist kırıntılarıdır. Bol olarak kalsit aramadesi içerir ve havza içine doğru oransal azalma gösterir. İnce taneli fluvial tortullar kanal tabanı oluşukları (Channel lag) ile başlayan ve üste doğru büyük-orta ölçekli çapraz katmanlanma, kırışık ve tırmanır kırışık izler ile devam eden ve yatay veya buruşuk (konvolüt) lamina-

lanma ile son bulan devirsellik sunar.

Alt fluvial birimin tortul özellikleri bunun alüvyon yelpazesi, örgülü nehir ve taşkın ovası ortamı koşullarında oluştuğunu gösterir. Tortul yapıları ve paleoakmtı verilerine dayanılarak alt fluvial birimin, havza içine doğru, KB uzanlı örgülü nehir sistemiyle biriktirildiği söylenebilir. Ancak bu nehir sistemi kuzey ve kuzeydoğuda yer alan metamorfik yükseltilerden akan mevsimsel dereler tarafından oldukça etkilenmiştir. Metamorfik temele yakın yerlerdeki tortul birikimi alüvyon yelpazeleri şeklinde olmuştur (Şekil 2). Folk (1974) sınıflamasına göre kumtaşları litik arkoz ve arkozdur. Birkaç örnek de litarrenit ve subarkoz alanında yer alır. Alt fluvial birim çoğunlukla kuvars, muskovit, kil ve kalsit, az oranda da biyotit, amfibol ve kloritten oluşur. Parlatmalı ve ince kesitlerde saptanan başlıca ağır mineraller almandin, spekülait, turmalin, rutil, apatit, siderit, manyetit, kyanit ve zirkondur.

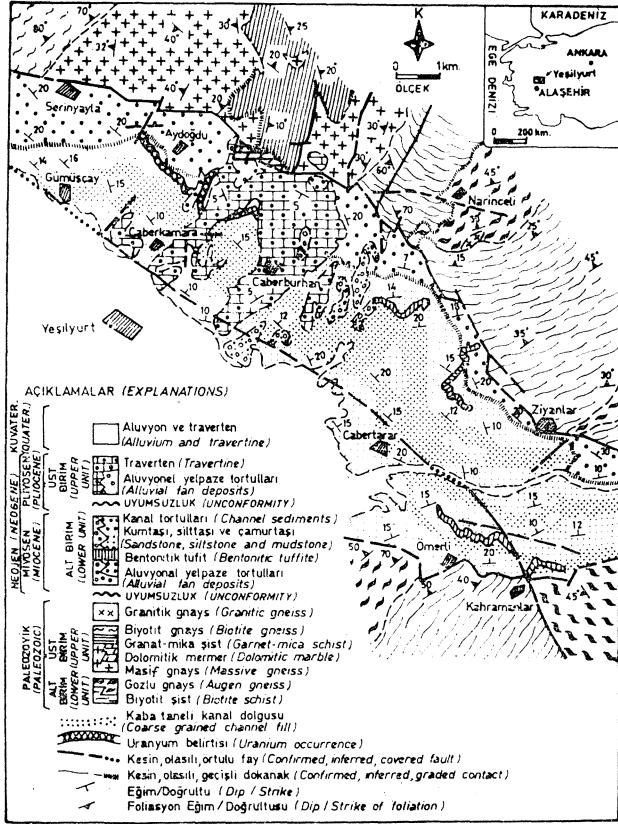
Alt fluvial birimin tabaka eğimleri çoğunlukla düşüktür ve K-KD yönlüdür. Ancak bu Kahramanlar çevresinde KB dır (Şekil 2). Çalışma alanının kuzeyindeki büyüme fayı alt fluvial birim içindeki tabaka eğimlerinin Menderes masifine doğru dönmesini sağlamıştır.

Üst fluvial birim mikalı kum, silt ve karbonat aramadedeli pekleşmemiş, kahverengi, köşeli ve yarıköşeli blok ve çakıllardan oluşmuştur. Birim alüvyon yelpazesi ortamında birikmiştir. Karbonat aramadesi metamorfik masife doğru artar ve daha sonra traverten kireçtaşıma geçiş gösterir (Şekil 2 ve 3). Alt fluvial birim üstüne uyumsuz olarak oturan üst fluvial birim kötü boylanma gösterir ve dokusal olgun değildir. Tabaka eğimleri alt fluvial birimin tersine olarak havza içine doğrudur. Bu da birimin alt fluvial birimi etkileyen dönme hareketinden etkilenmediğini gösterir.



Şekil 1 : Yeşilyurt (Alaşehir) çalışma alanı yerbuldur haritası ve bölgesel jeoloji.

Figure 1 : Regional geology and index map of the study area, Yeşilyurt (Alaşehir)



Şekil 2 : Yeşilyurt (Alaşehir) alanının jeolojisi.
Figure 2 : Geology of Yeşilyurt area, Alaşehir.

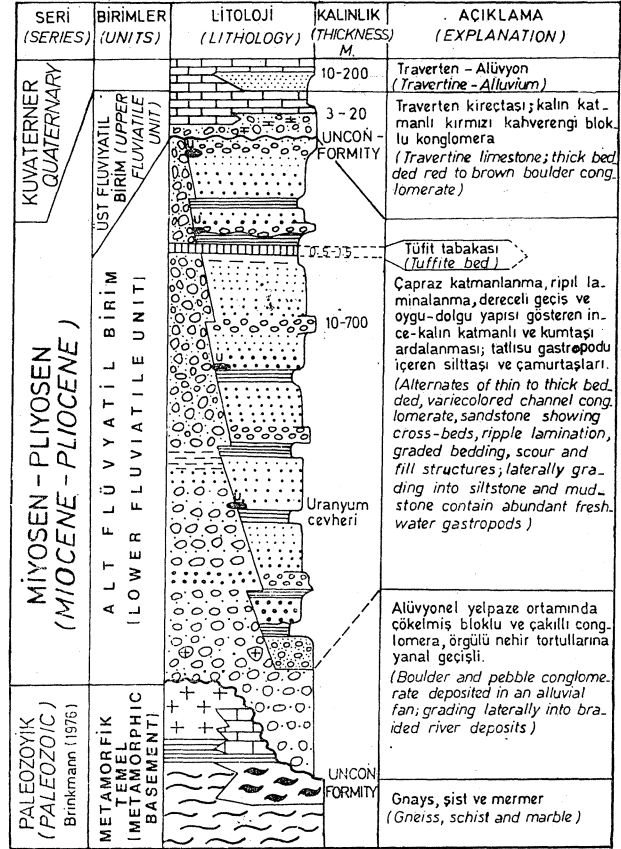
METAMORFİK KAYALARIN BOZUNMASI

Gnays ve daha çok şistler içinde bulunan biyotit ve amfibol minerallerinin büyük bir bölümü orta şiddette bozunmuşlardır. Bunun sonucu olarak dilinim düzlemleri boyunca opak demir yığılımları oluşmuştur. Feldispat grubu mineraller yersel olarak serisitleşme gösterir. Kimyasal bozunmanın en yoğun olduğu bölgeler fay zonlarıdır. Özellikle graben kenarı fayı boyunca yaklaşık 200 m genişliğinde bir ezilme zonu oluşmuştur. Büyüme fayı ve buna koşut faylar boyunca gnayslar parçalanmış ve sarımsı-beyaz milonitleri oluşmuştur. Bunun sonucu olarak feldispat mineralleri illit ve kaolinite dönüşmüştür.

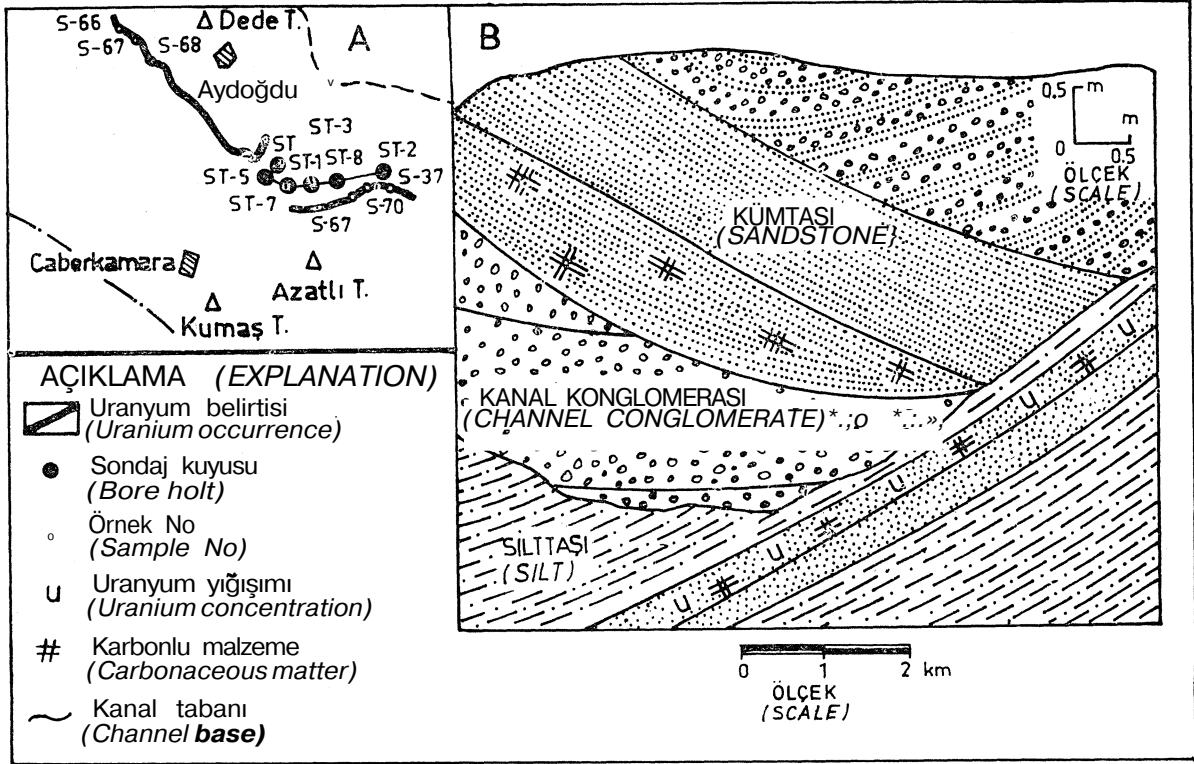
URANYUM BELİRTİLERİ

Alt flüviyal birim içindeki uranyum yığılımları gözenek dolgusu ve taneler üstüne sıvamalar şeklinde belirir. Uranyum belirtileri metamorfik temele yakın alüvyon yelpazesi ve örgülü nehir tortulları arasındaki dereceli geçiş dokanağına koşut uzanımlıdır (Şekil 2 ve 3). Bu belirtiler süreklilik göstermeyen uranyum cevher mercceklerine bağlıdır. Uranyum içeren flüviyal kayalar çoğunlukla kötü boylanmış, pekleşmemiş veya az pekleşmiş kumtaşı, konglomera ve silttaşından oluşur (Şekil 4). Çalışma alanında mineralojik olarak iki tip uranyum yığılımı ayırt edilmiştir. Ef unlar dan ilki yüzeyde veya yüzeye yakın yerlerde bulunan oksitli-uranyum belirtileri ve diğeri de daha derinlerde (180-260 m) oluşan oksitsiz veya indirgenmiş uranyum belirtileridir.

Oksitli tipteki uranyum belirtileri içeren kumtaşı ve konglomeralar soluk yeşil ve kırmızımsı-sarımsı renklerde olup bol miktarda hematit ve götit içerirler (Şekil 5). Bol bulunan organik malzeme oksitlenmiştir. Uranyum tenörü % 0.015 ile % 0.05 arasında değişir. Uranyumca zengin kumtaşı ve konglomeraların aramaddesi çoğunlukla kil ve az oranda kalsiten oluşur. Uranyumca fakir olanlarınki de çoğunlukla kalsit ve dolomittir. Hematit aramaddesinin radyoaktivitesi kalsit aramaddesinininkine kıyasla çok daha yüksektir. Oksitli uranyum belirtileri seyrek olarak bozmuş siderit, biyotit ve amfibol mineraleri içerir. Hiç pirit bulunmaz. 180 ile 260 m derinlikte bulunan oksitlenmemiş uranyum cevher merccekleri geometri ve tenor açısından oksitli tiplere benzerlik gösterir (Şekil 4 A ve 5) ST1, ST8 ve ST2 sondajları tarafından kesilen uranyum belirtisi ortalama kalınlığı 0.5 ve tenörü % 0.04 U₃O₈ olan birçok cevher mercceklerinden oluşur. Uranyum içeren kumtaşları çok kötü boylanmış, incekaaba taneli yersel çakıllı ve silttaşı ve çamurtaşı ile arakatmanlıdır. Pirit bolluğu ile uranyum tenörü arasında herhangi bir korelasyon bulunmaz. Ancak uranyumun bolca pirit ve siderit içeren indirgen kumtaşları içinde yığıldığı söylenebilir.



Şekil 3 : Yeşilyurt sahasındaki tortul ve metamorfik kayaların genelleştirilmiş stratigrafisi.
Figure 3 : General stratigraphic column of the sedimentary and metamorphic rocks in the Yeşilyurt area.



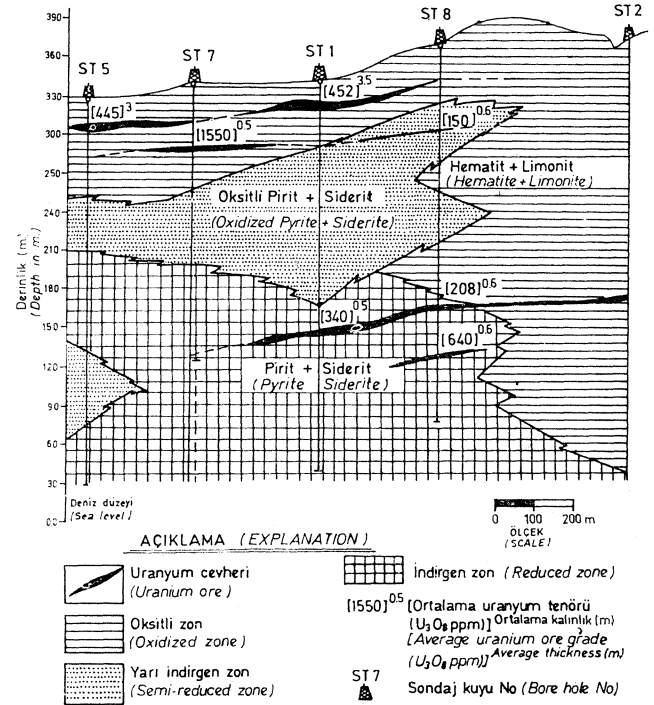
Şekil 4 : Yeşilyurt uranyum belirtileri (A) ve Azatlı T. uranyum mineralleşmesinden genel bir kesit (B).

Figure 4 : Yeşilyurt uranium occurrences (A) and a generalized section from the Azatlı T. uranium mineralization (B).

KUMTAŞLARININ PETROLOJİSİ

Kimyasal diyajeneze ilişkin veriler incelenen örneklerin tümünde gözlenmiştir. Kimyasal diyajenez silikat minerallerinin çözünmesi ve bunun sonunda çört, karbonat ve kil minerallerinin oluşumu ve özellikle feldispat minerallerinin kısmen veya tümüyle kalsit tarafından ornatılması işlevlerini içine alır.

Klorit kumtaşları içinde gözenek dolgusu şeklinde belirir (Şekil 6 A). X-ışım difraksiyon çalışmaları simektitin tabakaarası boşluklarında organik madde içerdiğini göstermiştir. Kumtaşları içindeki tüfit tabakası otojen simektit (Şekil 6 B) ve kaolini t (Şekil 6 C) kapsar. Kaolinit bol organik malzeme içeren kumtaşları içinde yaygındır. Demir karbonat çimentosu çok küçük siderit kristallerinin mozayik biçimde yığılmasından oluşmuş küresel, elips veya uzamış çubuk şeklindeki siderit yumruları (Şekil 6 D) ve bireysel siderit romboederlerinden (Şekil 6 E) oluşur. Siderit kalsit ve kil aramaddesi içinde yer alır. İndirgenmiş kumtaşı içindeki siderit miktarı % 0.01 ile % 6.6 arasında değişir ve % 1.25 ortalama değer sunar (Çizelge 1). 60 ile 90 metreler arasında sideritçe zengin bir düzey saptanmıştır. Yüzeylemiş kumtaşları hiç pirit içermez. Gri renkli indirgenmiş kumtaşlardan alınan sondaj kırıntıları % 0.12-2.14 pirit içerir ve % 0.4 ortalama değer verir. Pirit çimento, kumtaşı gözeneklerini dolduran mikrokristalin mineral yığılımları olarak belirir (Şekil 6F). Pirit yığılımları içinde kuvars ve feldispat katı kapanımları olağandır. Uranyum zenginleşmesi ile pirit-siderit bol-



Şekil 5 : Oksitli ve oksitsiz uranyum mineralleşmesi arasındaki ilişki, Azatlı T. Kuzeyi.
Figure 5 : Relationship between oxidized and unoxidized uranium mineralization, north of Azatlı T.

ÖRNEK NO Oksitli ve yanoksitli zonlardaki % ağırlık.

(SAMPLE NO) (Weight % in semioxidized and unoxidized zones)

	Pirit (Prite) x	— (Siderite)	— x
CBI— 59	0.15	0.14	
— 89	0.44	1.23	
—104	0.08	—	
—134	0.48	—	
—179	0.42	0.04	
—209	0.29	0.01	
—224	0.22	0.05	
ZCT2—89	0.03	1.00	
—149	0.05	—	
—169	2.14	—	
—219	0.02	—	1.25
—299	0.05	0.02	
—249	0.45	0.03	
—289	0.12	0.05	
ST5—80	0.30	3.70	
—120	0.70	0.40	
—160	0.26	0.26	
—180	0.28	—	
ST8—66	0.30	1.80	
—138	—	3.60	
—224	2.24	0.40	
—244	0.46	4.27	
—261	1.37	6.64	
—269	0.02	2.65	

—
x : Ortalama değer,
(average value)

CBI—59: Sondaj kuyu no- örneğin alındığı derinlik
(bore hole no - depth of sample)

Çizelge 1. Fluvial tortullar içindeki pirit ve siderit bolluğu.

Table I. Abundance of pyrite and siderite in fluvial sediments.

luğu arasında hiç bir ilişki gözlenmez. Ancak, uranyum, pirit ve siderit kapsayan indirgenmiş kumtaşların içinde yığılmıştır. Dolomit, kalsit aramaddesi içinde özbiçimli spar kristaller olarak belirir (Şekil 7 A). Kumtaşı ve konglomeraların en önemli aramaddesi spar kalsittir (Şekil 7B). Kalsit çimentosu biyotit ve muskoviti dilinimleri ve feldispat minerallerini de kenarları boyunca kısmen veya tümüyle ornatmıştır.

indirgenmiş kumtaşı ve konglomera düzeylerindeki kırıntılı mineraller içinde hematit tanecikleri gözlenir. Bunlar indirgeyici çözeltilerin etkisinden kırıntılı mineraller içinde korunmuş ve siderit veya piritte dönüşmekten kurtulmuştur. Bu çalışmada kullanılan analiz teknikleriyle oksitli ve oksitsiz uranyum belirtirleri içinde hiç bir uranyum minerali saptanamamıştır. Ancak buradan alınan örneklerin otadyografisi kil aramaddesi içinde oldukça yüksek miktarda uranyum yığıldığını göstermiştir (Şekil 7 C, D).

PETROJENETİK İLİŞKİLER

Minerallerin tane biçimleri ve dokuları fluvial kayalar içindeki asıl minerallerin çevre metamorfik kayalarından taşındığını gösterir. Birçok dokusal ve petrografik özellikler, pirit, siderit, kalsit, dolomit, demir oksit (hematit ve götit), kaolini t ve bir miktar illit, klorit ve simektitle birlikte siyah amorf uranyum bileşiğinin de otojenik olarak oluştuğunu belirtir. Bu belirgin özellikler aşağıda sıralanan verileri içerirler: (1) Kumtaşı boşluklarında siderit, pirit, klorit, dolomit ve kaolinit oluşumu, (2) feldispat illit tarafından kısmen ve kalsit tarafından da kısmen veya tamamen ornatılması, (3) siyah amorf uranyum bileşiğinin kil tanecikleri üstüne adsorbsiyonu veya tanelerarası dolgu olarak oluşumu ve (4) birçok kırıntılı ve otojenik mineralleri çevreleyen kalsit aramaddesi.

ANALİTİK YÖNTEMLER

Uranyum florimetrik ve toryum da XRF yöntemiyle analiz edilmiştir. Florimetrik ölçümlerdeki hata payı (2 a) = p^o 5 dir. Bu yöntemin doğruluğu ekstraksiyon sırasında uranyumun nicesel kazanımına ve bununla girişim yapan elementlerin varlığına bağlıdır. Toryum ölçümündeki hata payı (2 a) = F^o 5 dir.

JEOKİMYASAL ARAŞTIRMALAR

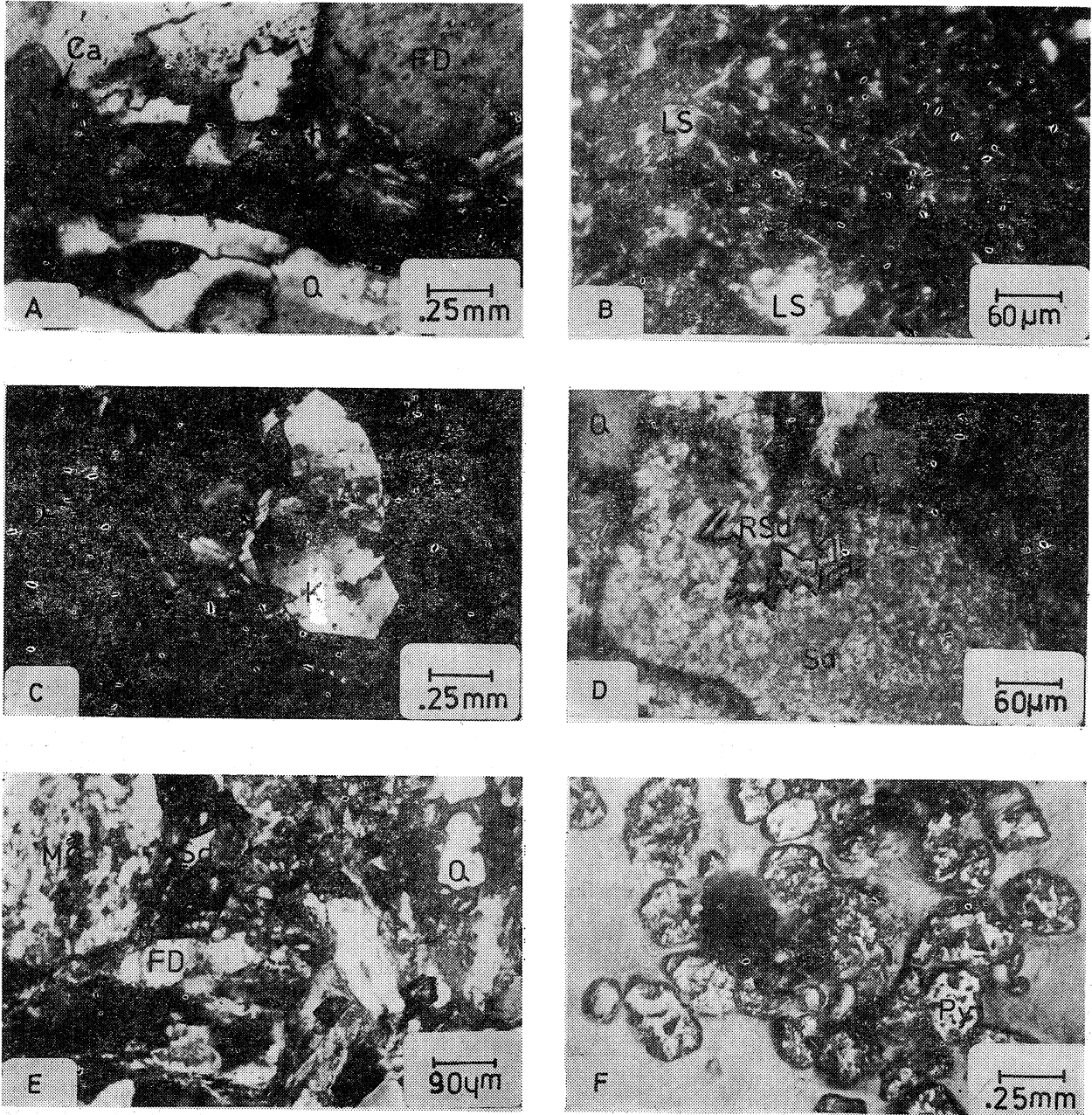
Çalışma alanındaki granat-mika şist ve gözlü gnays içindeki ortalama uranyum miktarları (Çizelge 2) sırasıyla 1.8 ppm ve 1.7 ppm dir. Ancak masif gnayslar içindeki uranyum miktarı, 6.6 ppm, gözlü gnays ve granat-mika şistinkine kıyasla çok daha yüksektir. Metamorfik kayaların 12.7 ppm lik ortalama toryum miktarı kabuk ortalamasına (10 ppm; Taylor, 1966) yakındır. Metamorfik kayalarda en yüksek ortalama toryum miktarı, 13.3 ppm, masif gnayslarda görülür.

Fluvial tortulların ortalama uranyum miktarı, 10.3 ppm, dünya ortalamasına göre (3.1 ppm; Beus ve Grigorian, 1977) oldukça yüksektir. Hiç bir uranyum minerali saptanamamasına karşın fluvial kayalar içinde yüksek miktarda bulunması, bunun kumtaşlarının gözeneklerinde amorf uranyum bileşiği olarak dağıldığını gösterir. Bu öneri kısmen de olsa bazı cevher örneklerinin farklı tane boyu fraksiyonlarının analizi ile desteklenmiştir. Şekil 8 de görüldüğü gibi uranyum miktarı fraksiyonun tane boyu küçülmesine koşut olarak artış gösterir. Fluvial kayalardaki 5.8 ppm lik ortalama toryum miktarı dünya ortalamasından (1.7 ppm; Beus ve Grigorian, 1977) çok daha yüksektir. Fakat grovak, 6.7 ppm ve arkozun, 5.0 ppm, toryum değerlerine yakındır (Richardson, ve Rogers 1964).

TARTIŞMA

Önceki Çalışmalar

Türkiye'de bilinen uranyum yatakları karasal tortullar içinde bulunur. Bunlardan en önemlileri Köprübaşı (Manisa) ve Fakih (Uşak) çevresinde yer alır. Köprübaşında jenetik açıdan iki tip uranyum yatağı ayırt edilmiştir. Bunlardan ilki fluvial kumtaşı ve konglomeralar içinde merccek şekilli epijene-

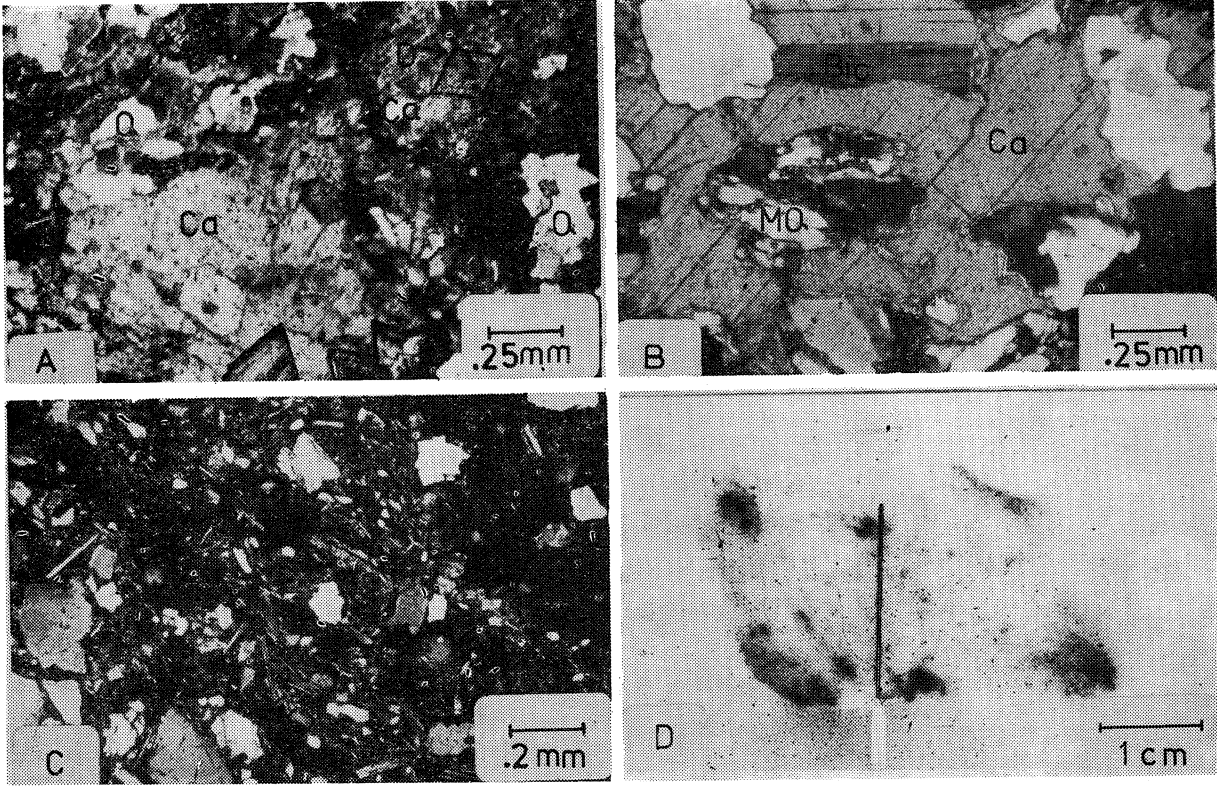


Şekil 6 : A) Boşluk dolgusu şeklinde oluşmuş otojenik -klorit'(Ch), klorit ile feldspat (FB) kenetlenmesi nispeten iyi çimentolanmış kayacı oluşturur, kloritin kalsit (Ca) tarafından ornatiması, Q: kuvars; çapraz nikoller. B) Tüfit malzemesinin simektite (S) dönüşümü, daha sonra yeniden kristallenerek büyük (LS) tanelerini oluşturmuştur; çapraz nikoller. C) Fluviyal kumtaşları içindeki tüfit malzemesinin gözeneklerini dolduran kaolinit (K); çapraz nikoller. D) Kumtaşı gözeneklerinde oluşan küresel siderit (Sd), yeniden kristalleşmeyle oluşmuş küçük romboedrik siderit (RSd), Q: kuvars; çapraz nikoller. E) İllit - simektit aramaddesi içindeki siderit romboederleri (Sd), çoğu siderit rombo-

ederleri aşındırıcı çözeltilerin etkisiyle özsekellerini kaybetmiştir, MQ: metakuvarsit, Q: Kuvars, FD: feldspat, çapraz nikoller. F) Kumtaşlarının pirit (Py) çimentosu, pirit içindeki siyah ve gri bölgeler kırıntılı silikat mineralleridir; parlak kesit.

Figure 6 :

A) Authigenic chlorite (Ch) formed as cavity fillings interlocking of feldspar (FD) with chlorite develops relatively well-cemented rock, replacement of chlorite by calcite (Ca) is quite common, Q: Quartz; crossed nicois. B) Degradation of tuffite material to smectite (S) which later recrystallized to larger smectite (LS) crossed nicois. C) Authigenic kaolinites (K) filling pore spaces within the tuffite material of lower fluviatile sandstones; crossed



Şekil 7 : A) Kalsit (Ca) çimento içinde yüzer görünümdeki dolomit (D) kristalleri, Q : Kuvars; çapraz nikoller. B) Kalsit (Ca) çimento içinde yüzer görünümlü kırıntılı kuvars (Q), metakuvarsit (MQ) ve biyotit (Bio) taneleri, poikilotopik doku; çapraz nikoller. C) Azatlı T. oksitli uranyum belirtisinden alınan bir örneğin ince kesiti, uranyum içeren aramada hematit, kil ve bozmuş organik malzemeden oluşur; çapraz nikoller. D) Uranyumca zengin örneğin (Şekil 7C) otoradyografisi. Örnekteki uranyumca zengin siyah lekeler hematit ve organik malzemece zengin bölgelerde bulunur.

Figure 7 : A) Dolomite (D) crystals floating in calcite (Ca) cement, Q : Quartz; crossed nicols. B) Calcite (Ca) cement with floating detrital grains of quartz (Q), metaquartzite (MQ) and Biotite (Bio), poikilotopik fabric; crossed nicols. C) Photomicrograph of a sandstone sample from the Azatlı T. oxidized uranium occurrence. Matrix containing uranium consists mainly of clay, hematite, and degraded organic matter; crossed nicols. D) Autoradiography of the uranium-rich sample (Fig. 7 C). Uranium-rich black spots in the sample are rich in hematite and organic matter.

nicols. D) Spherical siderite (Sd) forming in pore spaces of sandstones, partial replacement of the spherical siderite by recrystallized small rhomboedric siderite (RSd) crystals, Q : Quartz; crossed nicols. E) Occurrence of siderite rhombs (Sd) in an illitesmectite matrix, most of the siderite rhombs lost their euhedral shapes by corrosive solutions, MQ: metaquartzite, Q : quartz, crossed nicols. F) Pyrite cement (Py) in sandstones, small black or gray spots in pyrite aggregates are detrital grains; polished section.

tik uranyum yığılımlarıdır (Yılmaz, 1981). Burada uranyum siyah amorf bir bileşik şeklinde kumtaşı ve konglomeraların tanelerarası boşluklarını doldurmuştur. Pirit uranyum çökeliminde en etkili indirgeyicidir. Köprübaşında bulunan ikinci tip uranyum mineralleşmesi göl kalkerlerinin killi ve tüflü arakatkıları içinde tabaka şeklinde sinjenetik veya çok erken diyajenetik yığılımlardır (Uçakçı, 1976). Uranyum dahlite bağlıdır. Fakılı uranyum yatağı tüf arakatkılı kil, tüfit, silt, kumtaşı ve marn araldanmasından oluşan gösel tortullar içinde merccek şeklindeki yığılımdır (Kaplan, 1974). Buradaki uranyum mineralleşmesi iki evrede gerçekleşmiştir: (a) başlangıçta asit olan göl suyunda yüksek oranda bulunan uranyum iyonları gölün zamanla nötral özellik kazanması sonucu sinjenetik olarak çökelmiştir ve (b) daha sonra yeraltı sularının etkisiyle çözünen uranyum

Kayaç Türü (rock type)	U		Th		Th/U	
	Aralık (Range)	— x	Aralık (Range)	— x	Aralık (Range)	— x
Granat-Mika Şist (6) (Garnet-Mica Schist)	0.7-3.1	1.8	8.0-19.6	12.0	0-28.0	12.0
Gözlü Gnays (4) (Augen Gneiss)	0.7-3.1	1.7	n.d-19.8	9.5	0-14.0	6.0
Masif Gnays (14) (Massive Gneiss)	0.1-24.7	6.6	n.d-30.2	13.3	0-25	4.7
Granitik Gnays (1) (Granitic Gneiss)	-	3.1	-	10.0	-	3.3
Fluviyal Kayalar (36) ^x , (17) ^{xx} (Fluviatile Rocks)	0.7-32.0	10.3	n.d-16	5.8	04-9.0	1.2

nd : duyarlılık sınırının altında
(not detected)

6 : Analiz edilen örnek sayısı
(Not of sample analysed)

(36)^x, (17)^{xx} : U ve Th için analiz edilen örnek sayısı.
(No. of sample analysed for U and Th respectively).

Çizelge 2. Yeşilyurt sahasının değişik tipteki kayaları içinde ortalama U ve Th bolluğu (ppm).

Table 2. The average abundance (ppm) of U and Th in various rock types of the Yeşilyurt area.

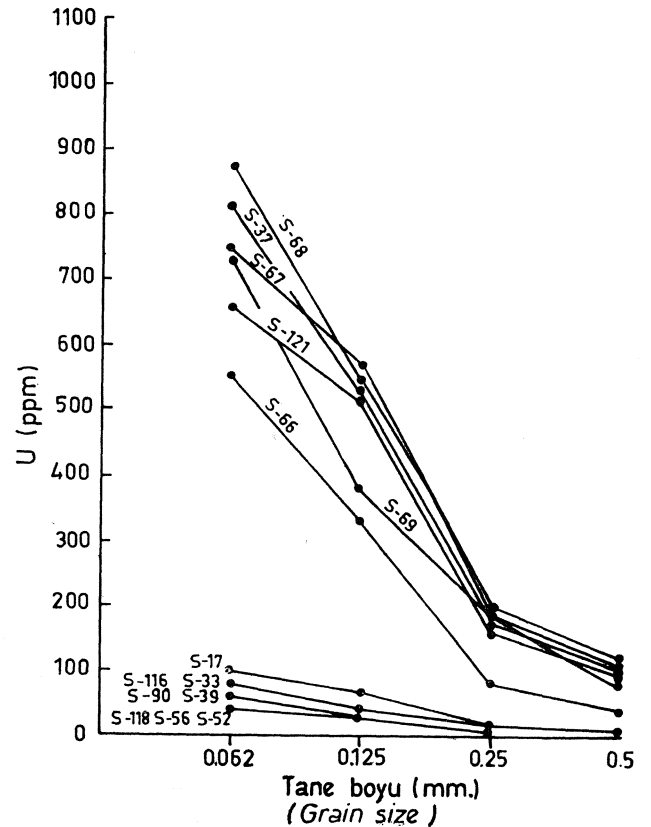
sülfatlı uranyum mineralleri şeklinde, uranopilit, yeniden çökerek Fakılı uranyum yatağını oluşturmuştur (Kaplan, 1974).

Yeşilyurt Uranyum Belirtilerinin Oluşumu

Fluviyal kayaların indirgenmiş bölümlerindeki uranyum yığılması ve yeniden dağıtılması tortullaşmanın başlangıcından günümüze değin yer alan alterasyon işlevleri ile yakından ilgilidir. Cevher oluşumu sırasındaki alterasyon tipleri aşağıda verildiği gibidir (Şekil 9).

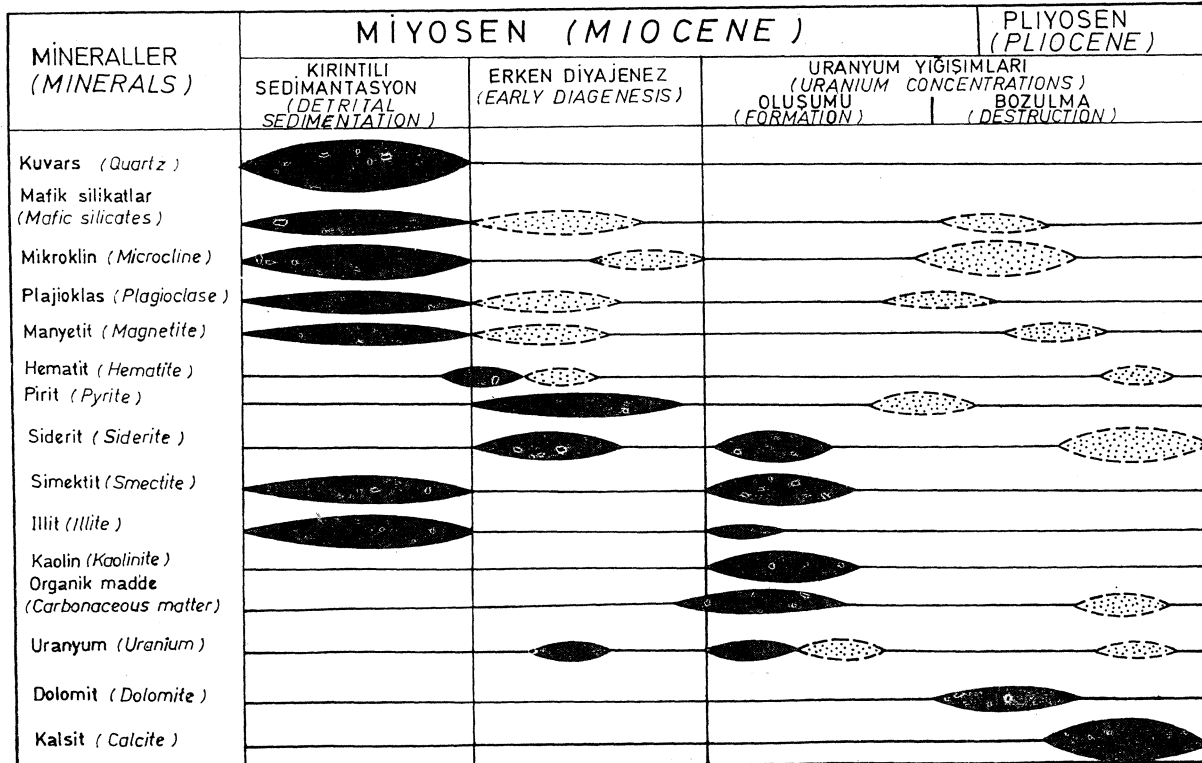
Hematiti oluşturan demir metamorfik kayalardan türeme kırıntılı manyetit, amfibol ve biyotit gibi demirli silikat minerallerinden sağlanmıştır. Böylece metamorfik kayaların aşınıp taşınması sırasında kimyasal bozuşmayla oluşan hematit tortul havzada diğer klastik malzemeye birlikte birikmiştir. Daha sonra yeraltı düzeyinin altında kalan organik malzemenin bozuşması sonucu açığa çıkan H₂S hematit içindeki üç değerli demiri iki değerliye indirgemıştır. İndirgen ortamdaki Fe⁺², CO₂ basıncının artışına koşut olarak mikrokristallerden oluşan siderit yumrularını oluşturmuştur. Hematitin mikrokristalli siderit yumrularına dönüşümü sırasında oluşabilen arafaz grinalit (Chauvel, 1973) burada saptanamamıştır.

Mikrokristalin pirit yığılımları, ve siderit yumrularının oluşumu ile yansıtılan kumtaşları içindeki yaygın indirgenme işlevi tortul gömülmesinin çok erken diyajenetik evresinde gelişmiştir. Siderit ve pirit oluşumu sırasındaki jeokimyasal koşullar pH=6-9 ve Eh= (—) 0.2 ve (←) 0.4 v dur (Garrels ve Christ, 1965). Bu evrede metamorfik temelden yakan uranyum fluviyal tortullar içine yeraltı ve yüzey suları ile uranil karbonat karmaşıkları, uranil hidroksit iyonları veya uranil hidroksitin solları şeklinde taşınmıştır. Durgun yeraltı suyu içindeki uran-



Şekil 8 : Cevherli ve cevhersiz örneklerde taneboyu değişimine bağlı olarak uranyum zenginleşmesini gösteren diyagram.

Figure 8 : Diagram showing uranium concentration vs. grain size change in barren and ore grade samples.



Şekil 9 : Yeşilyurt sahasındaki fluvial tortulların kırıntılı ve otojenik minerallerinin paragenetik ilişkileri.
İçerideki dolu elipsler minerallerin detritik veya otojenik oluşumunu, noktalı olanlar da bu minerallerin bozulmasını temsil eder.

Figure 9 : Paragenetic relationships for detrital and authigenic minerals of the fluvial sandstones in the Yeşilyurt area.
Solid ellipsoids represent deposition or authigenic formation of minerals, ellipsoids with dots indicate destruction of minerals.

yum çökelişi, organik malzemenin adsorbsiyon etkisi, uranyum hidroksitinin koloidal parçacıklar oluşturarak pıhtılaşması ve soğurucu feldispat ve diğer silikat mineralleriyle sedimentasyonu şeklindeki işlemlerle sağlanmıştır. Uranil iyonları adsorblanmış +6 değerli uranyum adsorblayan malzeme veya H_2S tarafından +4 değerli şekline indirgenir (Langmuir, 1978). Burada çok erken diyajenez evresindeki uranyum yığılması ekonomik yataklar oluşturacak büyüklük ve tenörde değildir. Tortul gömülme derinliğinin artmasıyla feldispatların seçimli çözünmesi yerinde otojenik illit ve simektit oluşumuna yol açmıştır. Feldispat, mika, kuvars ve detritik killerin çözünmesi sonucu gözenek suyundaki K, Al, Fe ve Si zenginleşmiş ve kumtaşı gözeneklerinde otojenik simektit oluşmuştur. pH ve Mg artışı bazı feldispat tanelerinin klorite bozulmasını veya kloritin gözenek dolusu olarak yeniden oluşmasını sağlamıştır. Kaolinit oluşumu silisçe fakir ve kation/ H^+ oranı düşük çözeltiler gerektirir (Brookins, 1975). Fluvial tortullar içindeki kaolinit, simektit bileşiminde bulunan K, Mg ve Fe kationlarının organik asit çözeltiler tarafından yıkanması sonucu oluşmuştur. Çok erken diyajenez evresinde gelişen mikrokristalin dokudaki siderit yumruları yeniden kristalleşerek daha büyük özbiçimli siderit kristalleri oluşturmuşlardır. Bunun yanında hematit ve bazı silikat mineralleri

içindeki +3 değerli demir H_2S etkisiyle pH'nın 8 ve daha düşük olduğu jeolojik ortamlarda kolay çözünen +2 değerli demire indirgenmiştir. Fe^{+2} ortamındaki CO_2 basıncının artışına bağlı olarak romboedrik biçimde özgün siderit kristallerini oluşturmuştur (Erken diyajenez evresi). Tortul gömülme derinliğinin artışıyla birlikte ortamın indirgeyici özelliği de artmıştır. Böylece H_2S çok erken diyajenez evresine göre daha çok önem kazanmıştır. Erken diyajenez evresinde H_2S den başka indirgeyiciler de önemlidir. Bunlar oksijen içermeyen fakat CO_2 basıncı yüksek yeraltı suyu ve özellikle simektit tabakaları arasında yerleşmiş organik asitlerdir. Ekonomik değerdeki uranyum yığılımları bu evrede oluşmuştur. Melin (1969), Adler (1963, 1974), Lukacs ve Florjancic (1974) ve diğer birçok araştırmacılara göre mikrobiyolojik işlemlerle üretilen H_2S hareketli yeraltı sularındaki uranyumun çökmesine neden olur. Yeşilyurt bölgesinde oksijenli yeraltı suları içindeki uranil karbonat karmaşıkları ve hidroksit iyonları fluvial tortullar içindeki indirgen zonlara ulaştıkça yeniden çökerek ince taneli siyah amorf uranyum bileşimini oluşturmuştur. Granger ve Warren (1969) uranyumun piritin inorganik olarak bozulmasıyla üretilen H_2S ile çökebileceğini belirtmişlerdir. Araştırmacılara göre Wyoming (ABD) «rol tipi» uranyum yatakları bu yolla oluşmuştur» Kashirt-

seva (1968), Dahi ve Hagmier (1974) ve Yılmaz (1981) uranyum mineralleşmesi ile pirit bolluğu arasında yakın bir ilişki olduğunu vurgulamışlardır. Adams ve diğerleri (1978) uranyum yatakları çevresindeki siderit bolluğundan söz ederler. Yeşilyurt çalışma yöresindeki oksitlenmemiş uranyum belirtileri ve uranyum içermeyen indirgenmiş kumtaşları (Çizelge 1, ZCT2-169) yersel olarak bol pirit ve siderit içerirler. Piritçe fakir tortullar içinde uranyum yığılması görülmez. Bu ilişki uranyum indirgenmesinde etkin rol oynayan H₂S in pirit oluşumunda da önemli olduğunu gösterir. Uranyum, pirit ve siderit oluşumları içindedir. Pirit uranyum çökelimini doğrudan etkilememiştir.

Miyosen tortul kayalarının yükselmesinden sonra graben kenarı büyüme fayı boyunca yükselen karbonatça zengin çözeltiler alt ve üst fluviyal birim içine yayılmıştır. Bunun sonucu olarak kumtaşı ve konglomeraların aramaddesini oluşturan siyah amorf uranyum bileşiği ve ince taneli malzeme ve feldispatların bir bölümü dolomit ve özellikle kalsit tarafından ornatılmıştır. Böylece çözeltilere geçen uranyum, tortullar içinde yeniden dağıtılmıştır.

Çalışılan tortul kayaların kütlesi yaklaşık 10¹¹ tondur. Tortul kayacın her tonu 10 gr uranyum (U) kapsar. Bu değerlerden gidilerek 1.5X10⁶ ton uranyumun Yeşilyurt sahasındaki fluviyal tortullar içinde dağıtılmış olduğu sonucuna varılabilir. Bunun yarısının tanelerarası boşluktaki serbest uranyum bileşiği olduğu varsayılırsa 7x10⁵ ton yatak oluşturabilecek uranyumun kumtaşı ve konglomeralar içinde dağıldığı açıkça görülür. Jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal veriler, fluviyal kayalar içindeki uranyum kaynağının metamorfikler, özellikle masif gnayslar olduğunu önerir.

SONUÇLAR

(1) Fluviyal tortulların geometrisi, birikim oranı ve litolojisi graben kenarı büyüme fayınca denetlenmiştir. Uranyum yığılımları litolojik olarak alüvyon yelpazesi ve örgülü nehir tortulları arasındaki geçiş zonunda gelişmiştir. Pirit ve siderit biraradalığı fluviyal tortullar içindeki indirgen zonların belirlenmesinde önemli klavuzdur. Bakteriyolojik yolla üretilen H₂S başlıca uranyum indirgeyicisi olup pirit oluşumunda da önemlidir.

(2) Miyosen sonu ve Pliyosen sırasında alt fluviyal birim içindeki uranyum yığılımları büyük oranda karbonatça zengin çözeltiler tarafından tahrip edilmiş ve tortullar içinde yeniden dağıtılarak ekonomik önemini yitirmiştir.

KATKI BELİRTME

Araştırmacı bu çalışmayı destekleyen TÜBİTAK'a, özellikle uranyum analizlerinin yapılmasında yardımları dokunan Dr. N. Çağatay'a, Sondaj loğlarını sağlayan F. Aydmöz'e ve çizimleri yapan M. Gürle'ye teşekkürlerini sunar.

DEĞİNİLEN BELGELER

Adams, S.A., Curtis, H.S., Hafen, P.L. ve Salek-Nejad, H., 1978, Interpretation of postdepositional processes related to the formation of and destruction of the Jeckpile-Paguete uranium deposit, Northwest New Mexico: Econ. Geol.,

73, 1635-1654.

Adler, H.H., 1963, Concepts of genesis of sandstone-type uranium ore deposits: Econ. Geol., 59, 46-53.

———, 1974, Concepts of uranium ore formation in reducing environments in sandstones and other sediments: IAEA-SM, 183/43, 141-164.

Beus, A.A. ve Grigorian, S.V., 1977, Geochemical exploration for mineral deposits: Applied Pub. Ltd., Illinois, 287 s.

Brinkmann, R., 1976, Geology of Turkey: Elsevier Scientific Publishing Comp., Amsterdam.

Brookins, D.G., 1975, Comments on the coffinite-uraninite relationship, probable clay mineral reactions and formations: New Mexico Geol. Soc., 5, 158-166.

Chauvel, J., 1973, Facies types and depositional environment of the Sokoman Iron formation, Central Labrador Trough Canada: Jour. Sed. Petrol., 44, 299-327.

Dahl, A.R. ve Hagmier, J.L., 1974, Genesis and characteristics of southern Powder River Basin uranium deposits. Wyoming: IAEA-SM. 183, 201-216.

Folk, R.L., 1974, Petrology of Sedimentary rocks: Hemphill's, Austin, Texas, 170 p.

Garrels, R.M. ve Christ, C.L., 1965, Solutions, minerals and equilibria: Harper and Row, New York.

Granger, H.C. ve Warren, C.G., 1969, Unstable sulfur compounds and origin of roll-type uranium deposits: Econ. Geol., 64, 161-182.

Kaplan, H., 1974, Le gite d'uranium de Fakılı, Turquie, et sa formation: IAEA-SM. 183, 453-465.

Kashirtseva, M.F., 1968, Effect of material composition of rocks on formation of epigenetic uranium concentrations: Inter. Geol. Reviews, 11, 530-538.

Langmuir, D., 1978, Uranium solution-mineral equilibria at low temperatures with applications to sedimentary ore deposits: Geochim. Cosmochim. Acta, 42, 547-569.

Lukacs, E. ve Florjancic, A.P., 1974, Uranium ore deposits in Permian sediments of Northwest Yugoslavia: IAEA-SM. 183, 313-329.

Melin, R.E., 1969, Uranium deposits in Shirley Basin, Wyoming: Contribution to Geol., 8, 143-151.

Richardson, K.A. ve Rogers, J.J.W., 1964, Thorium and uranium contents of some sandstones: Geochim. Cosmochim. Acta, 28, 2005-2015.

Taylor, D., 1966, The application of trace element data to problems in Geology: Physics and Chemistry of the Earth, 3, 299-349.

Uçakçı, S., 1976, Köprübaşı bölgesi uranyum yatakları: Mad. Tetk. Ar. Enst., Derleme, 73 s.

Yılmaz, H., 1981, Genesis of uranium deposits in Neogene sedimentary rocks overlying Menderes metamorphic massif, Turkey: Chem. Geol., 31, 185-210.

Yazının Geliş Tarihi : 4.6.1985

Yayıma Verildiği Tarih : 25.1.1986